

PENGENDALIAN SUDUT CERMIN DATAR PADA SOLATUBE MENGGUNAKAN KONTROLER PID BERBASIS MIKROKONTROLER

Gumilang Saptha Pamega.¹, Ir. Purwanto, MT.², M. Aziz Muslim, ST., MT., Ph.D.²

¹Mahasiswa Teknik Elektro Univ. Brawijaya, ²Dosen Teknik Elektro Univ. Brawijaya

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia

Email: gumilang.saptha@gmail.com.¹, purwanto@ub.ac.id.², muh_aziz@ub.ac.id.²

Abstrak-*Solatube* merupakan tabung cahaya yang sistem kerjanya memasukkan cahaya matahari ke dalam tabung reflektor, dipantulkan dan masuk ke dalam ruangan. Cahaya yang masuk ke dalam ruangan benar-benar dari cahaya matahari, bukan listrik buatan. Berbeda dengan *solarcell* yang memanfaatkan energi matahari menjadi listrik dalam baterai untuk menyalakan lampu listrik. Namun, umumnya *solatube* menggunakan *dome* untuk memantulkan cahaya. Pada penelitian kali ini dilakukan penyempurnaan rancangan *solatube* dari salah satu peneliti yang juga melakukan penelitian tentang *solatube*, namun *solatube* yang dirancang tidak memiliki *dome* diatas tabung *solatube*-nya. Maka dibuatlah suatu solusi untuk membuat alat yang dapat menggantikan peran dari *dome solatube*. Yakni dengan menggunakan cermin yang dapat bergerak sesuai dengan sudut yang telah ditentukan sebelumnya, dengan sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya dan kontroler yang digunakan ialah kontrol PID. Di mana cermin ini berfungsi untuk merefleksikan cahaya, sehingga cahaya dapat masuk melalui lubang atas *solatube*. *Setpoint* sudut yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu sebesar 0°, 45°, 90° dan 135°. Dan sensor LDR yang digunakan berjumlah 8 sensor, di mana apabila salah satu sensor mendeteksi kuat cahaya terkuat maka cermin akan bergerak ke sudut tersebut. Dari hasil perancangan dan pengujian alat yang telah dilakukan, didapatkan parameter PID dengan metode *hand tuning* yang paling baik yaitu $K_p = 2,4$, $K_i = 1,7$, $K_d = 0,5$ atau $K_p = 3,2$, $K_i = 0$, $K_d = 0$.

Kata kunci- *solatube*, *dome*, PID, LDR, sudut.

I. PENDAHULUAN

Pencahaya merupakan salah satu faktor penting dalam perancangan ruang. Ruang yang telah dirancang tidak dapat memenuhi fungsinya dengan baik apabila tidak disediakan akses pencahayaan. Pencahayaan di dalam ruang memungkinkan orang yang menempatinnya dapat melihat benda-benda. Tanpa dapat melihat benda-benda dengan jelas maka aktivitas di dalam ruang akan terganggu. Sebaliknya, cahaya yang terlalu terang juga dapat mengganggu penglihatan. Permasalahan lainnya juga ada pada penghematan energi, dimana energi merupakan hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia saat ini.[3]

Salah satu contoh penyebab adalah pemborosan penggunaan energi pada sistem penerangan. Oleh karena itu dibuatlah suatu alat yang dapat mengurangi pemborosan energi pada sistem penerangan atau pencahayaan pada ruangan. Alat tersebut diberi nama *solatube*, yang berfungsi untuk memberikan pencahayaan langsung dari cahaya matahari tanpa menggunakan energi listrik. Namun, *solatube* umumnya menggunakan *dome* untuk memantulkan sinar matahari hingga cahaya masuk ke dalam ruangan.[2]

Maka pada penelitian kali ini akan mencoba membuat *solatube* otomatis dengan desain sendiri disertai cermin datar tanpa menggunakan *dome*. Sehingga cahaya bisa dipantulkan oleh cermin datar. Di mana cermin ini berfungsi untuk merefleksikan cahaya, sehingga cahaya dapat masuk melalui lubang atas *solatube*. Cermin yang dapat bergerak sesuai dengan sudut yang telah ditentukan sebelumnya, dengan sensor LDR sebagai pendeteksi cahaya dan kontroler yang digunakan ialah kontrol PID. Sistem pada penelitian ini berbasis Mikrokontroler Atmega8535.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Solatube

Solatube merupakan suatu alat yang berasal dari Amerika yang teknologinya telah ada selama hampir 20 tahun. Hanya di Indonesia baru berjalan 2 tahun. Konsep kerja dari *solatube* ini sangat sederhana, dari namanya pun dapat diketahui “sola” yang berarti matahari dan “tube” yang berarti tabung. Jadi sistem kerja dari *solatube* ialah memasukkan cahaya matahari ke dalam tabung reflektor, dipantulkan dan masuk ke dalam ruangan. Cahaya yang masuk ke dalam ruangan benar-benar matahari bukan cahaya listrik buatan. Berbeda dengan *solarcell* yang memanfaatkan energi matahari menjadi listrik dalam baterai untuk menyalakan lampu listrik. Sebaliknya *solatube* benar-benar hanya memanfaatkan cahaya matahari.

Keunggulan dari *solatube* ini ialah tidak adanya panas yang ikut terhantar. Dibandingkan dengan lampu listrik sejenis LED yang masih terdapat panas yang terhantar. Cahaya matahari yang mengandung panas adalah sinar infra merah, sinar ini dipantulkan di *dome*, sehingga yang masuk hanya spektrum cahayanya saja. Berbeda dengan lampu listrik yang harus diganti dalam rentang waktu beberapa minggu atau bulan. Keunggulan lain dari *solatube* ini adalah bebas perawatan, bebas biaya dan tanpa energi listrik.[4]

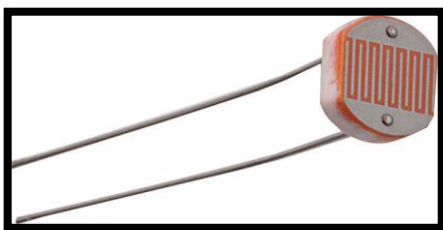
Cahaya yang dikeluarkan oleh *solatube* berbeda dengan cahaya lampu yang konstan, karena *solatube* berkonsep reflektif, maka cahaya yang dihasilkan tergantung pada cahaya di luar. Namun, dalam keadaan mendung sekalipun, cahaya yang direfleksikan di dalam ruangan dapat mengakomodasi aktivitas dalam ruangan. Poin utama dari *solatube* ini adalah fakta bahwa cahaya matahari memberikan efek positif bagi kehidupan manusia dari segi psikologis. Ruangan yang diaplikasikan *solatube* terbukti memiliki aktivitas dan produktivitas yang tinggi. Dari segi ramah lingkungan, *solatube* merupakan langkah konkret hemat energi karena pengoperasiannya tanpa menggunakan energi listrik dan memanfaatkan cahaya matahari yang berlimpah. Gambar 1 merupakan gambaran *solatube* secara umum yang banyak digunakan.



Gambar 1. *Solatube*

B. Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor* (LDR)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri. LDR sering disebut dengan alat atau sensor yang berupa resistor yang peka terhadap cahaya. Biasanya LDR terbuat dari cadmium sulfida yaitu merupakan bahan semikonduktor yang resistansinya berubah-ubah menurut banyaknya cahaya (sinar) yang mengenainya. Resistansi LDR pada tempat yang gelap biasanya mencapai 10 M Ω , dan ditempat terang LDR mempunyai resistansi yang turun menjadi 150 Ω . Seperti halnya resistor konvensional, pemasangan LDR dalam suatu rangkaian sama persis seperti pemasangan resistor biasa.[4] Bentuk fisik sensor cahaya LDR dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Sensor Suhu LDR

C. Motor DC

Berbeda dengan motor DC dan motor Stepper, motor DC adalah sebuah motor dengan sistem *closed feedback* di mana posisi dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor DC. Motor ini terjadi karena sebuah motor, serangkaian internal gear, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut putaran DC. Sedangkan sudut sumbu motor diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor.

Motor DC dapat bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan hanya dengan memberikan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.[5] Gambar 3. menunjukkan gambar fisik motor DC.

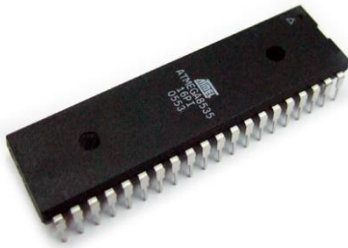


Gambar 3. Motor DC

D. Mikrokontroler ATmega8535

Mikrokontroler adalah IC yang dapat deprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus (Agus Bejo, 2007). Biasanya digunakan untuk pengontrolan otomatis dan manual pada perangkat elektronika. Beberapa tahun terakhir, mikrokontroler sangat banyak digunakan terutama dalam pengontrolan robot. Seiring perkembangan elektronika, mikrokontroler dibuat semakin kompak dengan bahasa pemrograman yang juga ikut berubah. Salah satunya adalah mikrokontroler AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) ATmega 8535 yang menggunakan teknologi RISC (*Reduce Instruction Set Computing*) dimana program berjalan lebih cepat karena hanya membutuhkan satu siklus clock untuk mengeksekusi satu instruksi program. Secara umum, AVR dapat dikelompokkan menjadi 4 kelas, yaitu kelas Attiny, keluarga AT90Sxx, keluarga Atmega, dan AT86RFxx. Pada dasarnya yang membedakan masing-masing kelas adalah memori, peripheral, dan fungsinya. Dari segi arsitektur dan instruksi yang digunakan, mereka bisa dikatakan hampir sama. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 memiliki fitur yang cukup lengkap. Mikrokontroler AVR ATmega 8535 telah dilengkapi dengan ADC internal, EEPROM internal, Timer/Counter, PWM, analog comparator, dll (M.Ary Heryanto, 2008). Sehingga dengan fasilitas yang lengkap ini memungkinkan belajar mikrokontroler keluarga AVR dengan lebih mudah dan

efisien, serta dapat Fitur-fitur yang dimiliki oleh mikrokontroler ATmega8535.



Gambar 4. Atmega8535

E. Kontroler Proporsional Integral Differensial (PID)

Gabungan aksi kontrol proporsional, integral, dan differensial mempunyai keunggulan dibandingkan dengan masing-masing dari tiga aksi kontrol tersebut. Masing – masing kontroler P, I, maupun D berfungsi untuk mempercepat reaksi sistem, menghilangkan *offset*, dan mendapatkan energi ekstra ketika terjadi perubahan *load*.

Persamaan kontroler PID ini dapat dinyatakan dalam persamaan (1) di bawah ini:

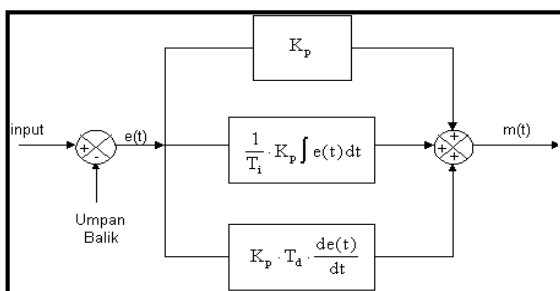
$$m(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (1)$$

Dalam transformasi Laplace dinyatakan dalam persamaan (2) berikut :

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} + T_d \cdot s \right) \quad (2)$$

Ti adalah waktu integral dan Td adalah waktu derivatif.[1]

Gambar 5. menunjukkan diagram blok kontroler PID.



Gambar 5. Diagram Blok Kontroler PID

III. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Perancangan ini meliputi pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan pada skripsi ini. Perancangan perangkat keras meliputi perancangan alat *solatube* dan perancangan rangkaian elektris. Sedangkan perancangan perangkat lunak meliputi pembuatan program pada *software* CVAVR.

A. Perancangan Alat *Solatube*

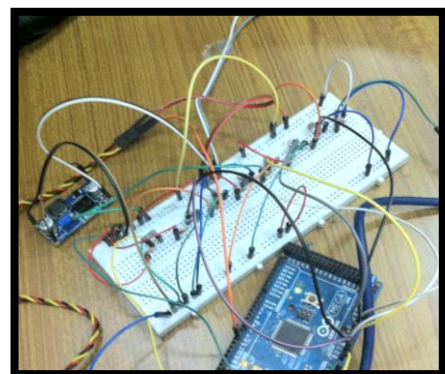
Konstruksi alat *solatube* dapat dilihat dalam Gambar 6.



Gambar 6. Skema Konstruksi Alat *Solatube*

B. Perancangan Sensor Cahaya *Light Dependent Resistor (LDR)*.

Rangkaian sensor cahaya dapat dilihat pada gambar 7.

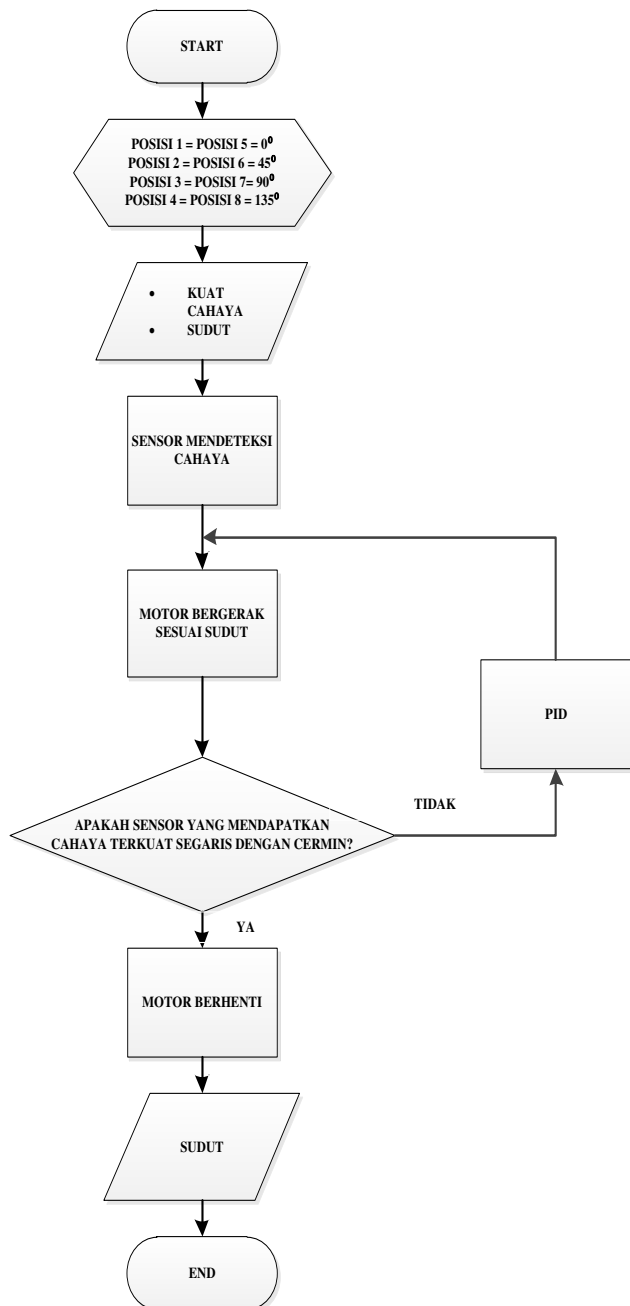


Gambar 7. Rancangan sensor LDR

C. Perancangan Perangkat Lunak

Pada penelitian ini, perancangan perangkat lunak menggunakan program CVAVR dengan pencarian PID menggunakan metode *trial and error*. Yaitu dengan cara melihat respon motor DC saat sensor LDR disinari cahaya lampu dan motor DC bergerak berdasarkan sudut yang telah ditetapkan sebelumnya. Setelah dilakukan beberapa kali

pengujian maka didapatkan parameter PID yang paling baik yaitu $K_p = 2,4$, $K_i = 1,7$ dan $K_d = 0,5$. Kerangka perangkat lunak yang dibuat sesuai dengan *flowchart* dalam Gambar 8.



Gambar 8. *Flowchart* Perancangan Perangkat Lunak

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian ini meliputi pengujian perangkat keras yang berupa pengujian sensor cahaya, pengujian motor DC DC, dan pengujian sistem keseluruhan.

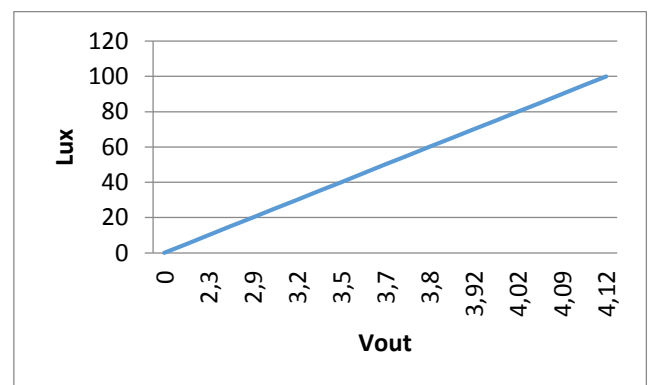
A. Pengujian Sensor *Light Dependent Resistor*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan atau kinerja dari sensor *light dependent resistor* terhadap perubahan kuat cahaya.

Tabel 1. Hasil Pengujian LDR

No	Luxmeter (Lux)	Vout (V)	Rldr (KΩ)
1	0	0	~
2	5	1,80	17,77
3	10	2,30	11,74
4	15	2,60	9,23
5	20	2,90	7,24
6	25	3,10	6,13
7	30	3,20	5,63
8	35	3,30	5,15
9	40	3,50	4,29
10	45	3,60	3,89
11	50	3,70	3,51
12	55	3,74	3,37
13	60	3,80	3,16
14	65	3,90	2,82
15	70	3,92	2,76
16	75	3,97	2,59
17	80	4,02	2,44
18	85	4,04	2,38
19	90	4,09	2,22
20	95	4,10	2,20
21	100	4,12	2,14

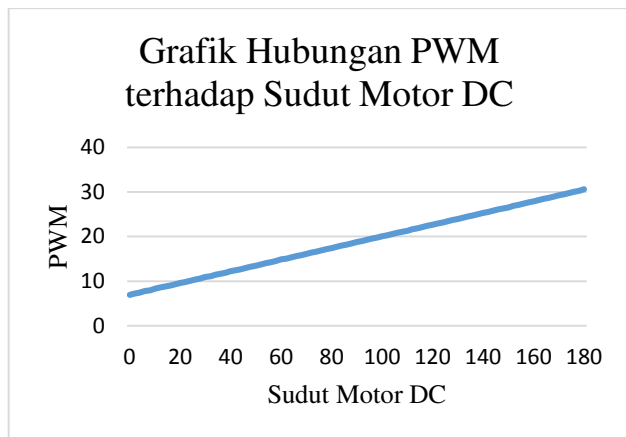
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor LDR memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan pembacaan perubahan kuat cahaya. Pada gambar grafik di bawah juga terlihat bahwa Lux dengan Vout sebanding.



Gambar 9. Grafik Respon Sistem

B. Pengujian Motor DC

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan pulsa PWM terhadap sudut putaran dan *duty cycle* pada motor DC. Hasil pengujian dapat dilihat dalam Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Hubungan PWM terhadap Sudut Motor DC

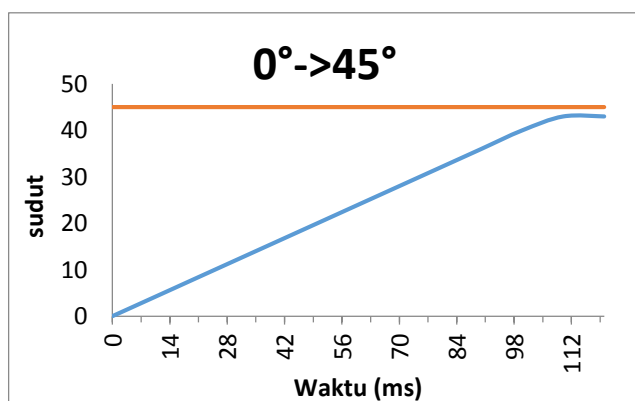
Tabel 2. Hasil Pengujian Sudut Motor DC

No	Duty Cycle	PWM	Sudut DC
1	2,72%	6,94	0°
2	4,28%	10,92	30°
3	5,08%	12,95	45°
4	5,83%	14,87	60°
5	7,35%	18,74	90°
6	9,67%	24,66	135°
7	10,40%	26,52	150°
8	12,0%	30,6	180°

Berdasarkan grafik dalam Gambar 10, terlihat bahwa semakin lebar pulsa PWM maka sudut putaran motor DC juga akan semakin besar karena terjadi peningkatan pula pada *duty cycle*.

C. Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian sistem kali ini dilakukan pengujian sebanyak 4 kali dengan melihat respon sistem. Yang pertama saat sensor LDR yang ada diposisi sudut 45° dekenai cahaya. Kemudian motor DC menggerakkan cermin menuju posisi sudut 45°. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.

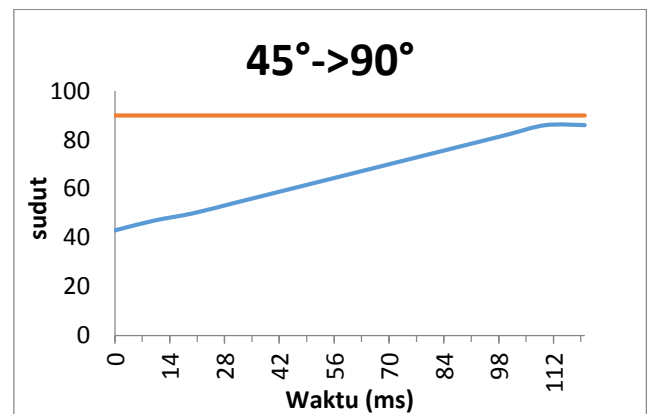


Gambar 11. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun masih terdapat *error* pada sistem:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ess} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|43 - 45|}{45} \times 100\% \\
 &= 0.0444 \times 100\% \\
 &= 4.44\%
 \end{aligned}$$

Pada pengujian sistem yang kedua saat sensor LDR yang ada diposisi sudut 90° dekenai cahaya. Kemudian motor DC menggerakkan cermin menuju posisi sudut 90°. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.

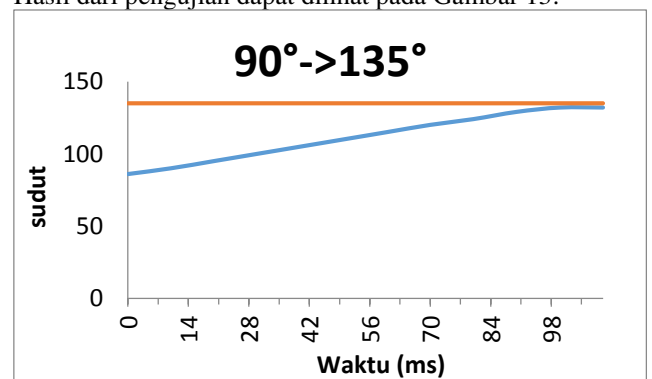


Gambar 12. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun masih terdapat *error* pada sistem:

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Ess} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\
 &= \frac{|86 - 90|}{90} \times 100\% \\
 &= 0.0444 \times 100\% \\
 &= 4.44\%
 \end{aligned}$$

Pada pengujian sistem yang ketiga saat sensor LDR yang ada diposisi sudut 135° dekenai cahaya. Kemudian motor DC menggerakkan cermin menuju posisi sudut 135°. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.

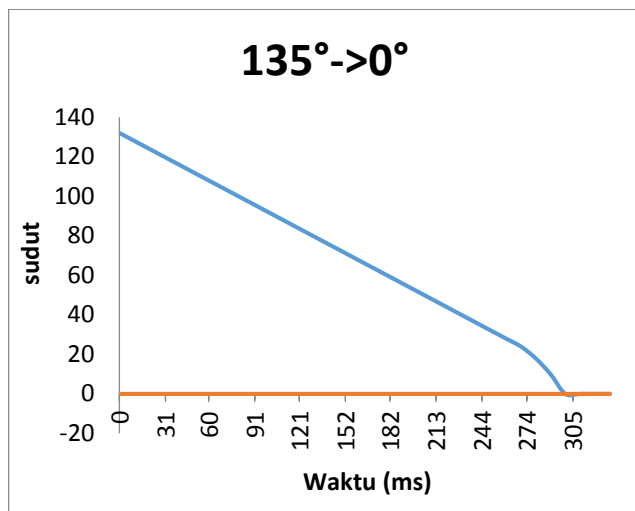


Gambar 13. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi. Namun masih terdapat *error* pada sistem:

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\ &= \frac{|132 - 135|}{135} \times 100\% \\ &= 0.0222 \times 100\% \\ &= 2.22\% \end{aligned}$$

Pada pengujian sistem yang keempat saat sensor LDR yang ada diposisi sudut 0° dikenai cahaya. Kemudian motor DC menggerakkan cermin menuju posisi sudut 0°. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Respon Sistem Keseluruhan dengan Kontroler PID

Dalam keadaan *steady*, sistem dapat stabil tanpa terjadi osilasi.

$$\begin{aligned} \% \text{Ess} &= \frac{|PV - SP|}{SP} \times 100\% \\ &= \frac{|0 - 0|}{0} \times 100\% \\ &= 0 \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dalam pembuatan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat yang dirancang sudah sesuai dengan yang diharapkan, di mana cermin *solatube* dapat bergerak sesuai dengan sudut yang ditentukan melalui pendeteksian cahaya terkuat oleh sensor LDR.
2. Dengan menggunakan metode *hand tuning* untuk menentukan nilai parameter kontroler PID, maka didapatkan parameter yang terbaik yaitu $K_p = 2,4$, $K_i = 1,7$, $K_d = 0,5$ atau $K_p=3,2$, $K_i=0$, $K_d=0$.
3. Setelah diimplementasikan, sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Dengan rata-rata %Ess kurang dari 5% dan *settling time* rata-rata

sebesar 100 ms kecuali saat pengujian keempat yaitu *settling time* sebesar 300 ms

B. Saran

Disarankan untuk menggunakan sensor cahaya yang memiliki kualitas yang lebih baik dan mekanik yang lebih sempurna. Serta dalam mengembangkan skripsi ini dapat ditambahkan jumlah sensor agar sudut DC semakin kecil sehingga pencarian cahaya terkuat dapat lebih mudah. Disarankan melakukan penelitian terhadap pengontrolan posisi sudut dengan menggunakan metode proporsional saja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ogata, Katsuhiko. 1997. *Teknik Kontrol Automatik (Sistem Pengaturan)*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Pitawarno, Endra. 2006. *Desain Kontrol dan Kecerdasan Buatan*. Yogyakarta : CV Andi Offset
- [3] Mintorogo, DS. 1999. *Strategy Daylighting pada Bangunan Multi-lantai di Atas dan di Bawah Permukaan Tanah*. Jurnal Dimensi Teknik Arsitektur, Volume 27 No. 1 Juli 1999 Halaman 64-75. Surabaya: Jurusan Teknik Arsitektur – Universitas Kristen Petra
- [4] Muhaimin. 2001. *Teknologi Pencahayaan*. Bandung : Refika Aditama.
- [5] Curtis D., Dohnson. 1997. *Process Control Instrumentation Technology Fifth Edition*. New York: Prentice-Hall, Inc.